

EVALUACIÓN DE LA BIOACUMULACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN *Anadara tuberculosa* EN UN ESTUARIO COSTERO DE ECUADOR

ÁNGEL DAVIS VILLA CHALÁN, KRUGER IVÁN LOOR SANTANA, JUAN PABLO MORALES COROZO, GABRIEL MODESTO DURAN COBO, HILARIÓN JOSÉ VEGAS MELÉNDE, MAGDA FRANCISCA CEJAS MARTÍNEZ Y HÉCTOR MANUEL ZUMBADO FERNÁNDEZ

RESUMEN

Esta investigación evaluó la concentración de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los tejidos blandos de *Anadara tuberculosa*, molusco bivalvo de relevancia socioeconómica, recolectado en el estuario del río Chone, provincia de Manabí (Ecuador). Se analizaron un total de 30 ejemplares, adquiridos a recolectores artesanales autorizados en el marco de acuerdos formales de custodia del manglar. Las muestras fueron procesadas mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), obteniéndose concentraciones de Pb entre 0,011 y 0,028mg/kg, y de Cd entre 0,259 y 0,354mg/kg. Ambos metales presentaron concentraciones inferiores a los límites máximos permitidos por el Reglamento (UE) 2023/915. Asimismo, se identificó una correlación positiva estadísticamente significativa entre la longitud de

los individuos y las concentraciones de los metales analizados, lo que evidencia la ocurrencia de procesos de bioacumulación. Aunque los niveles encontrados no representan un riesgo toxicológico inmediato para el consumo humano, la presencia continua de estos metales sugiere una exposición crónica, posiblemente asociada a fuentes difusas de contaminación en el área de estudio. Los resultados confirman la utilidad de *A. tuberculosa* como bioindicador eficaz de contaminación metálica y aportan una línea base de referencia para futuras evaluaciones ecotoxicológicas en ambientes costeros tropicales. Se recomienda el establecimiento de sistemas de monitoreo integrados, así como el fortalecimiento de la gestión participativa del recurso, bajo un enfoque precautorio y orientado a la conservación de la biodiversidad.

Introducción

Las cuencas hidrográficas y los ecosistemas costeros han mantenido históricamente una interacción dinámica, caracterizada por el intercambio constante de materiales.

Esta relación ha favorecido la incorporación de diversos compuestos, incluidos los metales pesados, en los sistemas acuáticos. De acuerdo con Lliv y Leones (2022), estos ambientes presentan composiciones químicas que facilitan la retención de contaminantes, lo que propicia la acumulación de elementos potencialmente

tóxicos. La presencia de metales pesados en altas concentraciones se asocia principalmente a las actividades antrópicas desarrolladas en zonas adyacentes a cuerpos de agua (Robles, 2022). En las últimas décadas, su persistencia en el medio, su toxicidad incluso a niveles traza y su capacidad de bioacumulación a lo largo de

PALABRAS CLAVE / *Anadara tuberculosa* / Bioacumulación / Estuario / Metales Pesados / Monitoreo Ambiental /

Recibido:16/07/2025. Modificado: 23/01/2026. Aceptado: 29/01/2026.

Ángel Davis Villa Chalán. Biólogo Marino, Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí, Manabí, Ecuador. e-mail: villachalan20@gmail.com. ORCID: 0009-0008-4623-3906.

Kruger Iván Loor Santana. Biólogo Marino, Máster en Gestión de Proyectos. Director, Escuela de Ciencias Naturales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí. Manabí, Ecuador. e-mail: iloor@pucesm.edu.ec. ORCID: 0009-000106851-496X.

Juan Pablo Morales Corozo (Autor de correspondencia). PhD en Ambiente y Desarrollo. Docente investigador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí. Manabí, Ecuador. Dirección: Barrio Jesús de Nazareth, Manta, Provincia de Manabí, Ecuador. e-mail: jpmoralesc@pucesm.edu.ec. ORCID: 0000-0002-4538-4488.

Gabriel Modesto Duran Cobo. Biólogo, Magister en Ciencias. Coordinador de la carrera de Biología Marina, Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí. Manabí, Ecuador e-mail: jpmoralesc@pucesm.edu.ec. ORCID: 0000-0003-3205-0056.

Hilarión José Vegas Melénde. PhD en Ciencias Administrativas Gerenciales. Coordinador de Investigación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí. Manabí, Ecuador e-mail: hvegas@pucesm.edu.ec. ORCID: 0000-0002-8526-2979.

Magda Francisca Cejas Martínez. PhD en Ciencias Sociales. Docente investigador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí. Ecuador. e-mail: magda.cejas@unach.edu. ORCID: 0000-0002-0618-3608.

Héctor Manuel Zumbado Fernández. PhD en Educación. Docente investigador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí. Manabí, Ecuador e-mail: hmzumbado@pucesm.edu.ec. ORCID: 0000-0002-4251-980X.

la cadena trófica han generado una preocupación creciente en el ámbito científico y ambiental. Una vez incorporados al sistema biológico, estos elementos pueden afectar directamente la biota acuática y representar un riesgo significativo para la salud humana, especialmente cuando los organismos contaminados forman parte de la dieta.

Entre los metales pesados que representan un mayor riesgo para los ecosistemas marinos se encuentran el plomo y el cadmio, cuya presencia en el medio acuático obedece principalmente a actividades humanas, como la fumigación agrícola, la quema de combustibles fósiles y las descargas de aguas residuales en ríos que desembocan en el océano (Berezina *et al.*, 2023; Isotuk *et al.*, 2023). Estas prácticas intensifican los niveles de contaminación en las zonas costeras, donde estos elementos tienden a acumularse debido a su resistencia a la degradación química o biológica, lo que les permite permanecer en el ambiente durante largos periodos de tiempo. Frente a este escenario, se han empleado diversos organismos marinos como herramientas de monitoreo ambiental (Herrera, 2020). En particular, los moluscos bivalvos han demostrado ser excelentes bioindicadores, dada su capacidad para concentrar contaminantes sin presentar efectos letales inmediatos (Covarrubias y Cabrales, 2017; Palpandi y Kesavan, 2012). Especímenes de la familia Arcidae, como *Anadara tuberculosa*, destacan por su amplia distribución geográfica, disponibilidad a lo largo del año y facilidad de recolección, además de su sensibilidad ante variaciones en la calidad del agua, lo que los convierte en organismos clave para la evaluación de la contaminación por metales pesados en ambientes costeros (Lasso *et al.*, 2021).

Anadara tuberculosa es un molusco bivalvo característico de los ecosistemas de manglar, típicamente asociado a raíces de *Rhizophora* spp. Su uso como bioindicador resulta especialmente relevante en áreas donde la actividad antrópica es intensa y persistente, como estuarios y zonas costeras próximas a asentamientos humanos, actividades industriales o prácticas agrícolas (Aldás *et al.*, 2023). Esta especie bentónica, de hábitos filtradores, se alimenta principalmente de partículas en suspensión, como microalgas y materia orgánica detrital, lo que favorece su exposición directa a contaminantes presentes tanto en la columna de agua como en los sedimentos (Mero *et al.*, 2012; Prado *et al.*, 2021). Además de su función ecológica, *A. tuberculosa* posee un alto valor socioeconómico, al constituir una fuente esencial de alimento e ingreso para numerosas comunidades costeras. Su

capacidad de bioacumulación de metales pesados en tejidos blandos la convierte en un organismo centinela ideal para el monitoreo de la calidad ambiental en ecosistemas estuarinos (Quispe, 2019). El análisis de los niveles de estos contaminantes no solo permite estimar el grado de deterioro ambiental, sino también establecer alertas tempranas frente a posibles riesgos ecológicos y sanitarios. Estas características consolidan a *A. tuberculosa* como una herramienta eficaz para la vigilancia ambiental y para la formulación de estrategias orientadas a la gestión sostenible de los recursos marino-costeros.

El propósito de esta investigación es cuantificar las concentraciones de plomo y cadmio en ejemplares de *Anadara tuberculosa* recolectados en el estuario del río Chone, Ecuador, con el fin de evaluar su utilidad como organismo bioindicador de la contaminación por metales pesados en ambientes estuarinos sometidos a presión antrópica. Se planteó como hipótesis que las concentraciones detectadas de estos metales en las muestras superan los niveles permisibles, como consecuencia de descargas provenientes de fuentes antrópicas, tales como actividades agrícolas, industriales y urbanas desarrolladas en la cuenca hidrográfica del estuario.

Materiales y Método

El presente estudio se enmarca en una investigación de tipo cuantitativo, de carácter descriptivo y correlacional. La aproximación cuantitativa permitió evaluar con precisión las concentraciones de metales pesados en los tejidos blandos de *Anadara tuberculosa*, mientras que el enfoque descriptivo y correlacional facilitó la identificación de patrones de bioacumulación y su posible relación con características morfométricas de los organismos analizados. Desde una perspectiva ecoquímica aplicada, este trabajo responde a los objetivos de la evaluación ambiental, integrando criterios de toxicología bentónica (Cedeño, 2023). Hasta la fecha, se han desarrollado e implementado diversos métodos que demuestran la alta capacidad de bioacumulación de metales como plomo y cadmio en moluscos bivalvos bentónicos, lo que los convierte en herramientas útiles para la evaluación de riesgos ecológicos y sanitarios (Rebaza, 2016; Rodríguez, 2010). Sin embargo, estos estudios se han concentrado principalmente en zonas del Golfo de Guayaquil, Esmeraldas y Muisne, y no han incorporado análisis morfométricos como variable asociada al proceso de bioacumulación. En contraste, el presente trabajo propone una

aproximación más integral, al incluir variables biométricas, establecer una correlación estadística entre el tamaño de los organismos y las concentraciones de metales, y comparar los resultados obtenidos con límites normativos internacionales. Se formuló como hipótesis que los niveles de plomo y cadmio en los tejidos blandos de *A. tuberculosa* recolectados en el estuario del río Chone superan los niveles máximos permisibles establecidos por normativas internacionales, como consecuencia de fuentes locales de contaminación antropogénica derivadas de actividades agrícolas, urbanas y portuarias.

El área de estudio corresponde al estuario del río Chone, localizado en el cantón San Vicente, provincia de Manabí (Ecuador), ecosistema que constituye un humedal costero de alta productividad biológica y funcionalidad ecológica, donde confluyen aportes fluviales, procesos de sedimentación, materia orgánica y presión antrópica asociada a actividades agrícolas y pesqueras. Las muestras fueron recolectadas en la zona intermareal del margen norte del estuario, donde se ha establecido un sistema de manejo participativo bajo Acuerdos de Custodia del Manglar, reconocido por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE, 2022). La recolección se realizó en colaboración con pescadores artesanales del barrio San Felipe, quienes desarrollan actividades de extracción sostenible y comercialización legal de bivalvos.

Es importante destacar que no fue requerido un permiso específico de colecta científica por parte del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, ya que los especímenes utilizados en este estudio fueron adquiridos directamente a pescadores custodios, dentro del marco de uso y comercialización permitida de recursos pesqueros no sujetos a veda ni a protección especial. Esta práctica se encuentra amparada por el Reglamento para la Conservación y Manejo del Manglar (MAATE, 2022), el cual permite el aprovechamiento de especies no amenazadas en zonas bajo acuerdos de custodia. Asimismo, *Anadara tuberculosa* no figura entre las especies amenazadas (IUCN, 2023), manteniéndose como especie de interés pesquero común, ampliamente distribuida en ecosistemas estuarinos del Pacífico Oriental Tropical (Pitt *et al.*, 2023; Rabia *et al.*, 2025).

En total se seleccionaron 30 ejemplares adultos de *Anadara tuberculosa*, en talla comercial comprendida entre 4,6 y 7,8 cm de longitud total, siguiendo criterios de representatividad ecológica y comparabilidad con estudios previos. El tamaño muestral fue definido con

base en criterios de precisión estadística, sensibilidad analítica y logística operativa, y se encuentra dentro del rango óptimo para estudios de bioacumulación de metales pesados en bivalvos (Borja, 2022; Hussain *et al.*, 2021; Pitt *et al.*, 2023). Tras la adquisición, los ejemplares fueron transportados en contenedores estériles, bajo refrigeración a 4°C, al Laboratorio de Zoología del campus Bahía de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador – sede Manabí.

En el laboratorio se efectuó la caracterización morfométrica de cada organismo, registrándose su longitud total (LT) mediante un calibrador Vernier con precisión de 0,01 mm. Posteriormente, se procedió a la extracción de los tejidos blandos, los cuales fueron pesados en una balanza analítica con una precisión de $\pm 0,1$ g y almacenados a -20°C hasta su análisis químico. La determinación de metales pesados se realizó en el laboratorio AGQ Perú S.A.C., mediante la técnica de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), reconocida por su alta sensibilidad y reproducibilidad en el análisis de metales traza en tejidos biológicos (Loaiza *et al.*, 2018). La preparación de las muestras incluyó el secado de los tejidos a 60 °C durante 72 horas, seguido de digestión ácida con 2mL de ácido nítrico (HNO₃ al 69%) durante 12 horas, y posteriormente digestión térmica a 110°C en sistema HotBlock durante 30 minutos. Se añadió peróxido de hidrógeno (H₂O₂, 0,25mL) como agente oxidante, se repitió el proceso de digestión y, finalmente, las muestras fueron diluidas diez veces con agua ultrapura (Milli-Q). El análisis cuantitativo se realizó bajo estándares certificados, con un límite de cuantificación de 0,1mg/kg para ambos metales, y los resultados se expresaron en mg/kg de peso húmedo.

Para el análisis de datos, se aplicaron estadísticos descriptivos (media, mediana, desviación estándar y rango intercuartílico) y se construyeron diagramas de caja y bigotes para representar la distribución de las concentraciones de plomo (Pb) y cadmio (Cd). Asimismo, se realizaron análisis de correlación de Pearson (r) para explorar la relación entre la longitud de los individuos y los niveles de bioacumulación metálica, considerando un nivel de significancia de $p < 0,05$. La presencia de correlaciones significativas se interpretó como un indicio de procesos de bioacumulación asociados al crecimiento ontogénico del organismo (Borroto *et al.*, 2021; Hussain *et al.*, 2021).

Asimismo, las concentraciones obtenidas fueron contrastadas con los límites máximos permisibles establecidos por la normativa europea (Reglamento

(UE) 2023/915), la cual estipula valores máximos de 1,5mg/kg para plomo y 1,0mg/kg para cadmio en moluscos bivalvos destinados al consumo humano (UE, 2023). Dado que Ecuador no cuenta con una regulación específica para contaminantes metálicos en organismos marinos, este marco normativo fue adoptado como referencia internacional para la evaluación de riesgos toxicológicos (Batucan *et al.*, 2022). Además, se realizó una comparación bibliográfica con estudios desarrollados en otras zonas costeras del Ecuador, garantizando la coherencia metodológica y espacial del análisis (Cedeño, 2023; Villón, 2022).

Las hipótesis que guiaron este estudio se orientaron a verificar, en primer lugar, la presencia de concentraciones detectables de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los tejidos blandos de *Anadara tuberculosa*, atribuibles a la exposición crónica a fuentes difusas de contaminación en el estuario del río Chone; en segundo lugar, se planteó que dichas concentraciones se mantendrían por debajo de los límites máximos establecidos por la normativa europea para moluscos bivalvos, lo cual implicaría un riesgo toxicológico bajo para el consumo humano; y, en tercer lugar, se hipotetizó la existencia de una correlación positiva y estadísticamente significativa entre la longitud total de los ejemplares y los niveles de metales pesados acumulados, reflejando un patrón de bioacumulación progresiva en función de la edad o biomasa del organismo. Este diseño metodológico, articulado desde una perspectiva integral de análisis de daños ambientales, permitió generar evidencia científica robusta para el monitoreo de contaminantes prioritarios en ecosistemas costeros vulnerables, contribuyendo así a la toma de decisiones informadas en salud pública, conservación de la biodiversidad y gestión participativa de recursos pesqueros.

Resultados

De acuerdo con la Figura 1, los resultados obtenidos revelan que los ejemplares de *Anadara tuberculosa* analizados en el estuario del río Chone presentan concentraciones detectables de plomo (Pb) y cadmio (Cd), con valores que oscilan entre 0,01137 y 0,02846mg/kg para Pb, y entre 0,259 y 0,354mg/kg para Cd. Estas concentraciones se encuentran sustancialmente por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento (UE) 2023/915, que fija valores de referencia de 1,5mg/kg para Pb y 1,0mg/kg para Cd en moluscos bivalvos destinados al consumo humano. Este

hallazgo sugiere un bajo riesgo toxicológico asociado al consumo de esta especie en el contexto local y temporal del estudio. Las Figuras 1 y 2 muestran una distribución relativamente homogénea de los datos, sin presencia de valores atípicos extremos. No obstante, se evidencia una mayor dispersión en las concentraciones de Cd en comparación con Pb, lo cual es consistente con su mayor movilidad en ambientes estuarinos y su sensibilidad a factores como la salinidad, el pH y la materia orgánica disuelta (Tanya y Vera, 2019). Esta mayor variabilidad podría atribuirse a diferencias microambientales en los puntos de recolección o a variaciones fisiológicas entre los ejemplares analizados.

En la Figura 2, los gráficos de dispersión con regresión lineal entre el tamaño de los individuos de *Anadara tuberculosa* y las concentraciones de plomo (Pb) y cadmio (Cd) confirman, tanto visual como estadísticamente, la existencia de una correlación positiva en ambos casos. Esta tendencia implica que, a medida que los organismos presentan mayores dimensiones y, presumiblemente, mayor edad, también exhiben niveles más altos de acumulación de metales en sus tejidos blandos. El análisis estadístico previo (coeficientes de Pearson $r = 0,839$ para Pb y $r = 0,842$ para Cd, con valores de $p < 0,05$) respalda cuantitativamente lo observado en los gráficos. Estos coeficientes se consideran altos y estadísticamente significativos, lo que indica una asociación fuerte entre el tamaño corporal y la carga metálica acumulada. Este patrón de bioacumulación ha sido ampliamente documentado en moluscos bentónicos, los cuales filtran grandes volúmenes de agua y mantienen un contacto estrecho con sedimentos contaminados, incrementando su exposición a metales traza a lo largo del tiempo (Pitt *et al.*, 2023; Rabia *et al.*, 2025).

Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran concentraciones de metales pesados en *Anadara tuberculosa* inferiores a las reportadas en otros estuarios ecuatorianos, como el Golfo de Guayaquil, donde se han registrado niveles de Cd superiores a 8mg/kg (Cedeño, 2023), posiblemente debido a una mayor presión industrial. Esto sugiere que el estuario del río Chone presenta condiciones ambientales relativamente más favorables. No obstante, la presencia constante de Pb y Cd indica una exposición crónica, posiblemente vinculada a descargas agrícolas y domésticas, lo que justifica la necesidad de un monitoreo ambiental permanente

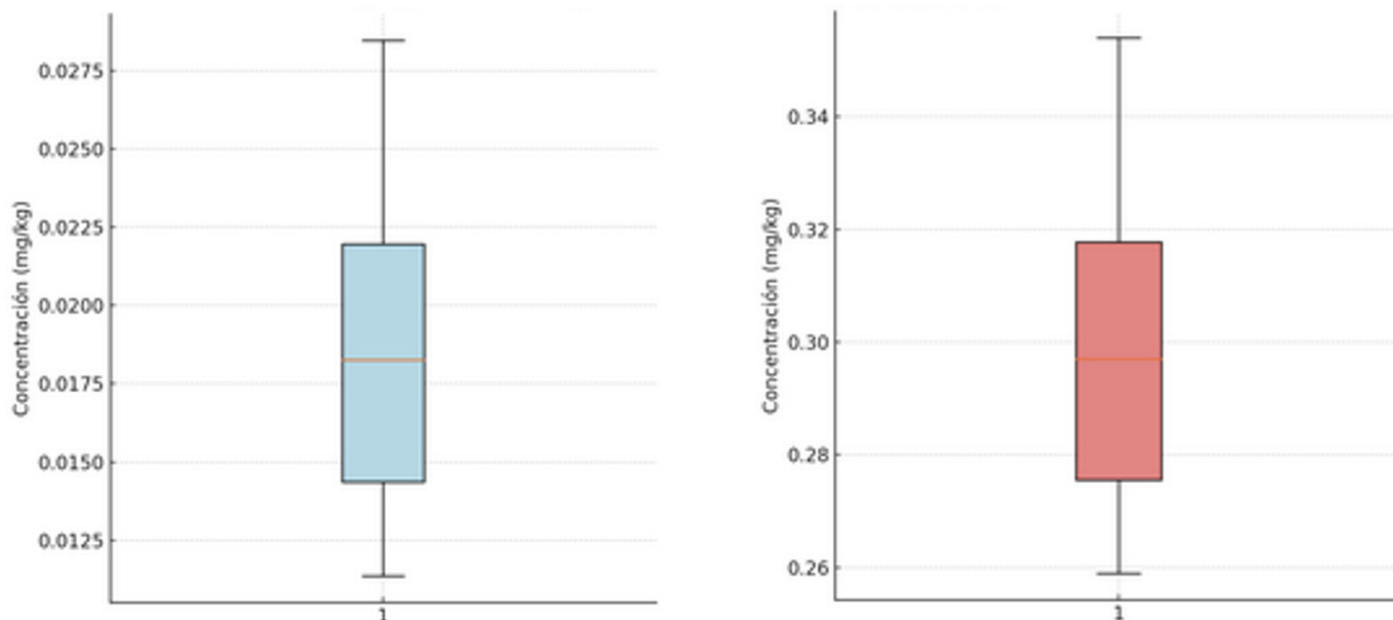


Figura 1. Distribución de concentración de plomo (Pb) y Cadmio (Cd). Fuente: Villa, *et al.*, (2025).

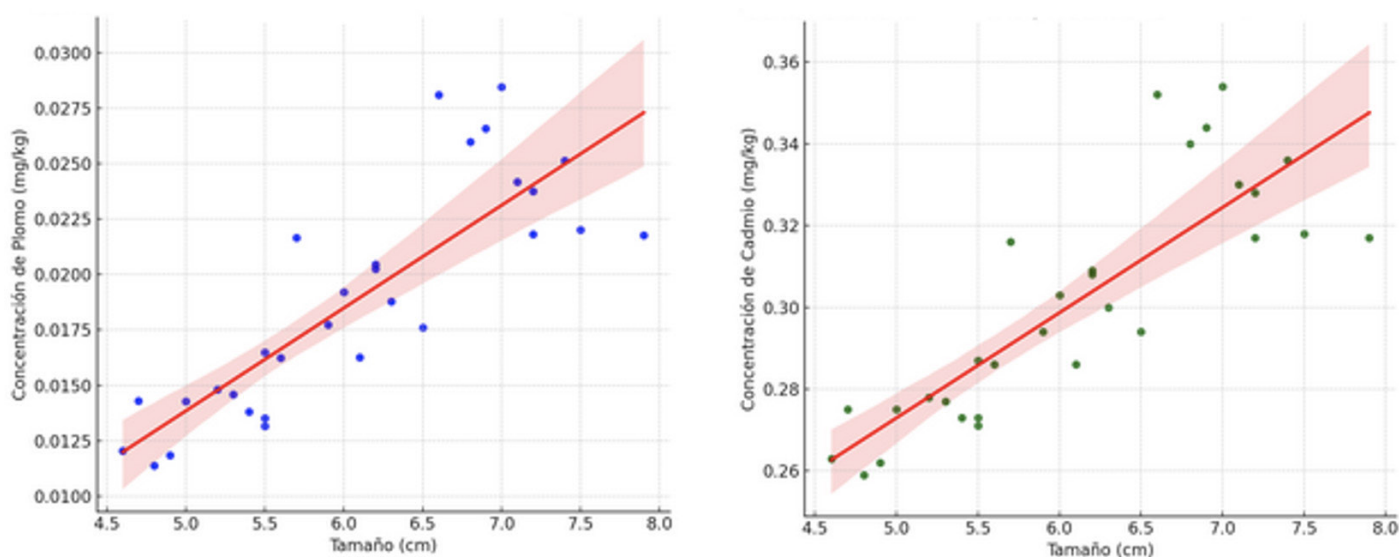


Figura 2. Correlación entre el tamaño y las concentraciones de Plomo (Pb) y Cadmio (Cd).Fuente: Villa, *et al.*, (2025).

que incluya biota, sedimentos y agua. La bioacumulación observada puede afectar la red trófica, comprometiendo la salud de la especie y de quienes la consumen. Por tanto, los resultados deben interpretarse como una alerta preventiva y validan a *Anadara tuberculosa* como un bioindicador eficaz en ecosistemas costeros, aportando una línea base para la gestión ambiental y la toma de decisiones en salud pública y conservación.

Los resultados obtenidos evidencian la presencia de concentraciones

detectables de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los tejidos blandos de *Anadara tuberculosa*, aunque dentro de los límites permisibles establecidos por el Reglamento (UE) 2032/915. Esta situación indica que el estuario del río Chone, pese a estar sometido a fuentes difusas de contaminación, mantiene una calidad ambiental relativamente aceptable en comparación con otros estuarios del país. No obstante, la presencia constante de estos metales refleja una exposición crónica, que podría representar un riesgo acumulativo para la

fauna bentónica y la salud humana. En este sentido, el estudio establece una línea base fundamental para el monitoreo futuro del ecosistema, evidenciando la necesidad de reforzar los controles sobre las actividades agrícolas, domésticas y acuícolas que aportan contaminantes al sistema estuarino. La continuidad de estos procesos, sin una gestión adecuada, podría alterar significativamente la estabilidad ecológica del manglar y sus servicios ecosistémicos.

Se comprobó una correlación positiva y estadísticamente

significativa entre el tamaño de *Anadara tuberculosa* y las concentraciones de Pb y Cd, lo que indica un patrón de bioacumulación progresiva en función del crecimiento del organismo. Esta relación morfométrica refuerza la utilidad de esta especie como bioindicador confiable para el monitoreo ambiental de metales pesados en ecosistemas estuarinos tropicales. Al tratarse de un recurso de importancia alimentaria y socioeconómica para comunidades costeras, su uso en estudios ecotoxicológicos permite integrar la evaluación ambiental con la salud pública y la seguridad alimentaria. Además, la evidencia obtenida permite formular estrategias de vigilancia ambiental basadas en individuos representativos por talla, lo que optimiza el esfuerzo de muestreo y mejora la interpretación de los resultados. En este contexto, el presente estudio no solo valida la pertinencia científica de la especie, sino que también aporta criterios técnicos para el diseño de programas de monitoreo a largo plazo en zonas de uso pesquero tradicional.

Los hallazgos de esta investigación resaltan la necesidad de implementar sistemas de monitoreo ambiental permanente en el estuario del río Chone, integrando indicadores biológicos, químicos y espaciales que permitan identificar las fuentes de contaminación y prevenir la degradación del ecosistema. La presencia crónica de metales pesados en una especie de interés pesquero plantea retos tanto para la conservación de la biodiversidad como para la gestión sostenible del recurso. En este sentido, resulta indispensable fortalecer la gobernanza ambiental a través de la participación comunitaria, el cumplimiento de los acuerdos de custodia del manglar y el control efectivo de fuentes difusas de contaminación. Asimismo, los resultados sustentan la aplicación del principio precautorio en zonas costeras, priorizando acciones de mitigación antes de que se produzcan impactos irreversibles. Finalmente, este estudio contribuye a una comprensión más integral de la calidad ambiental en estuarios tropicales y ofrece insumos técnicos valiosos para la formulación de políticas públicas orientadas al desarrollo sostenible.

REFERENCIAS

- Aldás AS, Grimón RR, Moreno J, Chollet-Villalpando JG (2023) Análisis de la forma de la concha de *Anadara tuberculosa* como indicador de contaminación en manglares: Forma de concha de *A. tuberculosa* y contaminación en manglares. *CICIMAR Oceanides* 38: 7–18. <https://doi.org/10.37543/oceanides.v38i2.286>.
- Batucan NSP, Tremblay LA, Northcott GL, Matthaei CD (2022) Medicating the environment: A critical review on the risks of carbamazepine, diclofenac and ibuprofen to aquatic organisms. *Environmental Advances* 7: 100164. <https://www.researchgate.net/profile/Christoph-Matthaei/publication/357387646>.
- Berezina N, Maximov A, Sharov A, Gubelit Y, Kholodkevich S (2023) Environmental assessment with cage exposure in the Neva estuary, Baltic Sea: Metal bioaccumulation and physiologic activity of bivalve molluscs. *Journal of Marine Science and Engineering* 11: 1756. <https://doi.org/10.3390/jmse11091756>.
- Borja EJ, (2022) Crecimiento de concha prieta (*Anadara tuberculosa*): Un análisis geográfico y con diferentes enfoques metodológicos basados en el tamaño. Cedia. Ecuador. <https://redi.cedia.edu.ec/document/101955>.
- Boroto DY, Hernández I, Falcón A, Caraballo JA, Hernández NV, Rodríguez AR, García TJ (2021) Caracterización de lagunas costeras del Parque Nacional Caguanes, Yaguajay, Sancti Spiritus, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 41: 107–124.
- Cedeño KG (2023) *Determinación de metales pesados (Pb y Cd) en conchas negras Anadara tuberculosa en los sectores del Golfo de Guayaquil mediante Espectroscopia de Emisión Óptica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES)*. Tesis de Maestría en Gestión Integral de Laboratorios de Química ESPOL, FCNM. Ecuador. 48 pp. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/58660>.
- Covarrubias SA, Cabriales JJP (2017) Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitoremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 33: 7–21. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.es01.01>.
- Herrera DJD (2020) *Estudio de la adsorción como método alternativo para el tratamiento de aguas residuales, en la remoción de metales pesados*. Tesis de pregrado, Universidad de Pamplona, Colombia. 44 pp. <https://n9.cl/d9ac98>.
- Hussain MT, Javaid M, Ali U, Raza A, Alam MN (2021) Comparing zinc oxide- and zinc silicate-related metal-organic networks via connection-based Zagreb indices. *Journal of Chemistry*. 1–16. <https://doi.org/10.1155/2021/5066394>.
- Isotuk UG, Etesin UM, Nsi EW, Ukpong EJ (2023) Ecological and health risk assessment of heavy metals in sediments, surface waters and oysters (*Crassostrea gasar*) from Eastern Obolo marine ecosystems, Akwa Ibom State, Nigeria. *Communication in Physical Sciences* 9: 271–285.
- IUCN (2023) *International Union for Conservation of Nature*. <https://www.genevaenvironmentnetwork.org/environment-geneva/organizations/international-union-for-conservation-of-nature/>.
- Lasso S, Rodríguez Rosero LF, Vera Hidalgo ML (2021) Ruta de aviturismo del Biocorredor Estuario del Río Chone – La Segua – Cordillera El Bálsamo, Manabí. *RICIT: Revista Turismo, Desarrollo y Buen Vivir* 15: 101–143.
- Live VE, Leones DV (2022) *Evaluación de la presencia de Cu, Co, Cd, Pb y As en sedimentos superficiales mediante espectrofotometría de absorción atómica y diversidad de Anadara tuberculosa y Cardisoma crassum, en tres sectores de los manglares del Estuario del Río Cojimies*. Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador. 118 pp. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23522>.
- Loaiza I, De Troch M, De Boeck G (2018). Potential health risks via consumption of six edible shellfish species collected from Piura–Peru. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 159: 249–260.
- MAATE (2022) *Acuerdo de uso sostenible y custodia del ecosistema de manglar a favor de la Asociación de Afroecuatorianos de Recolectores de Recursos Bioacuáticos del Manglar “Tambillo”*. <https://www.ambiente-yenergia.gob.ec/ambiente/wp-content/uploads/downloads/2024/09/ACUERDO-Nro.-MAATE-MAATE-2024-0055-A.pdf>.
- Mero M, Arcos V, Egas F, Siavichay R, Lindao G (2012) Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial (*Anadara tuberculosa* y *A. grandis*) de Puerto El Morro, Ecuador. *Investigación, Tecnología e Innovación* 4: 1192. <https://doi.org/10.53591/iti.v4i4.1192>.
- Palpandi C, Kesavan K (2012). Heavy metal monitoring using *Nerita crepidularia* – mangrove mollusc from the Vellar estuary, Southeast coast of India. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2: S358–S367. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60188-9](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60188-9).
- Pitt JA, Aluru N, Hahn ME, Shumway SE, Ward J (2023) Microplastics in marine food webs. En Shumway SE, Ward JE (Eds.) *Plastics in the Sea: Occurrence and Impacts*. Elsevier. Academic Press. pp. 1–51. https://www2.whoi.edu/site/hahnlab/wpcontent/uploads/sites/44/2024/01/Pitt_Aluru_Hahn_FoodWebs_2024b.pdf.
- Prado EC, Martínez ME, Rodríguez C. Quiñonez M, Olivo ML (2021) Biología, productividad y atributos comerciales del molusco bivalvo «concha prieta» (*Anadara tuberculosa*). *Espacio* 42: 12–32. <https://doi.org/10.48082/espacios-a21v42n22p02>.
- Quispe MM (2019). *Evaluación de plomo y cadmio usando el bivalvo (Tagelus Dombe II) en aguas de la bahía de Lagunillas, Ica – 2019*. Universidad Alas Peruanas. Perú. 101 pp. <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/9292>.
- Rabia EM, Hwihy HM, Gaber MH, Fahmy HM (2025) Comparative analysis of bioaccumulation and biological impacts of cadmium sulfide (CdS) bulk versus nanoparticles in the freshwater snail *Helisoma duryi*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 110229.
- Rebaza R (2016). *Evaluación de la contaminación por bioacumulación de Cd, Pb y Hg en moluscos bivalvos en la zona de amortiguamiento de la bahía de Sechura durante Agosto-Diciembre de 2015*. Trabajo de investigación de Ingeniero químico. Universidad de Trujillo, Perú. https://scholar.google.com/scholar_cluster=4938347388906665784&hl=es&as_sdt=2005&sciodt=0.5.
- Robles I (2022) *Revisión sistemática de la influencia mitigante del quitosano sobre la concentración de metales pesados y toxinas*. Tesis de pregrado, Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Perú. 49 pp. <https://repositorio.uladec.edu.pe/handle/20.500.13032/29294>.
- Rodríguez R (2010) *Bioacumulación de metales pesados trazas: Cadmio, cobre y plomo en Chondracanthus chamsisoi procedente del litoral del departamento La Libertad, Perú (agosto 2006 – mayo 2007)*. https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_4674bc72f3ca356219a9259b794391d1.

Tanya GB, Vera YS (2019) Estudio de la biometría de *Anadara tuberculosa* (concha prieta) comercializada en el mercado. *Journal of Business and Entrepreneurial Studies (JBES)* 3: 28–31.

UE (2023) Reglamento (UE) 2023/915 de la Comisión de 25 de abril de 2023 relativo a

los límites máximos de determinados contaminantes en los alimentos y por el que se deroga el Reglamento (CE) n.º 1881/2006. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32023R0915>.

Villón BT (2022) *Determinación de concentraciones de cadmio y mercurio en concha prieta,*

Anadara tuberculosa Sowerby, 1833, agua y sedimento del Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias del Mar. 135 pp. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8851>.

ASSESSMENT OF LEAD AND CADMIUM BIOACCUMULATION IN *Anadara tuberculosa* IN A COASTAL ESTUARY OF ECUADOR

Ángel Davis Villa Chalán, Kruger Iván Loor Santana, Juan Pablo Morales Corozo, Gabriel Modesto Duran Cobo, Hilarión José Vegas Meléndez, Magda Francisca Cejas Martínez and Héctor Manuel Zumbado Fernandez

SUMMARY

This study evaluated the concentrations of lead (Pb) and cadmium (Cd) in the soft tissues of Anadara tuberculosa, a bivalve mollusk of socio-economic relevance, collected in the estuary of the Chone River, Manabí Province (Ecuador). A total of 30 specimens were analyzed, obtained from authorized artisanal harvesters under formal mangrove stewardship agreements. The samples were processed using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), yielding Pb concentrations between 0.011 and 0.028mg/kg and Cd concentrations between 0.259 and 0.354mg/kg. Both metals were below the maximum limits established by Regulation (EU) 2023/915. In addition, a statistically significant positive correlation was identified between in-

dividual length and metal concentrations, indicating the occurrence of bioaccumulation processes. Although the detected levels do not represent an immediate toxicological risk for human consumption, the continuous presence of these metals suggests chronic exposure, likely associated with diffuse sources of contamination in the study area. The results confirm the usefulness of A. tuberculosa as an effective bioindicator of metal contamination and provide a baseline for future ecotoxicological assessments in tropical coastal environments. The establishment of integrated monitoring systems is recommended, as well as the strengthening of participatory resource management, under a precautionary approach aimed at biodiversity conservation.

AVALIAÇÃO DA BIOACUMULAÇÃO DE CHUMBO E CÁDMIO EM *Anadara tuberculosa* EM UM ESTUÁRIO COSTEIRO DO EQUADOR

Ángel Davis Villa Chalán, Kruger Iván Loor Santana, Juan Pablo Morales Corozo, Gabriel Modesto Duran Cobo, Hilarión José Vegas Meléndez, Magda Francisca Cejas Martínez y Héctor Manuel Zumbado Fernandez

RESUMO

Este estudo avaliou as concentrações de chumbo (Pb) e cádmio (Cd) nos tecidos moles de Anadara tuberculosa, molusco bivalve de relevância socioeconômica, coletado no estuário do rio Chone, província de Manabí (Equador). Foram analisados 30 exemplares, obtidos junto a coletores artesanais autorizados no âmbito de acordos formais de custódia do manguezal. As amostras foram processadas por espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS), obtendo-se concentrações de Pb entre 0,011 e 0,028mg/kg e de Cd entre 0,259 e 0,354mg/kg. Ambos os metais apresentaram concentrações inferiores aos limites máximos permitidos pelo Regulamento (UE) 2023/915. Além disso, foi identificada uma correlação positiva estatisticamente significativa entre o comprimento dos indivi-

duos e as concentrações dos metais analisados, evidenciando a ocorrência de processos de bioacumulação. Embora os níveis detectados não representem um risco toxicológico imediato para o consumo humano, a presença contínua desses metais sugere exposição crônica, possivelmente associada a fontes difusas de contaminação na área de estudo. Os resultados confirmam a utilidade de A. tuberculosa como bioindicador eficaz de contaminação metálica e fornecem uma linha de base para futuras avaliações ecotoxicológicas em ambientes costeiros tropicais. Recomenda-se o estabelecimento de sistemas integrados de monitoramento, bem como o fortalecimento da gestão participativa do recurso, sob uma abordagem precautória e orientada à conservação da biodiversidade.

Licencia de uso



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).